

POT/JP 2005/003255

22. 2. 2005

PA 1229457

REC'D. 10 MAR 2005

WIPO

PCT

# THE UNITED STATES OF AMERICA

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME:

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

United States Patent and Trademark Office

September 27, 2004

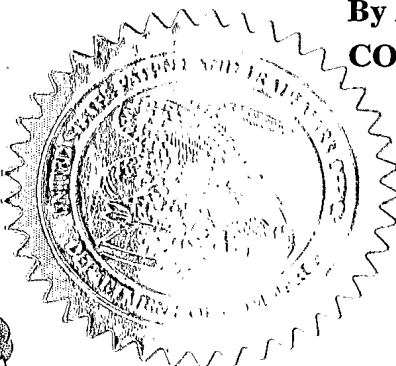
THIS IS TO CERTIFY THAT ANNEXED HERETO IS A TRUE COPY FROM THE RECORDS OF THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE OF THOSE PAPERS OF THE BELOW IDENTIFIED PATENT APPLICATION THAT MET THE REQUIREMENTS TO BE GRANTED A FILING DATE UNDER 35 USC 111.


APPLICATION NUMBER: 60/549,443

FILING DATE: *March 03, 2004*

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

By Authority of the  
**COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS**



  
M. K. HAWKINS  
Certifying Officer

**PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT COVER SHEET**

This is a request for filing a PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT under 37 CFR 1.53(c).

**INVENTOR(S)**

Given Name (first and middle [if any])	Family Name or Surname	Residence (City and either State or Foreign Country)	
Koji KAMEI		Ichihara	JAPAN

☐ Additional inventors are being named on the \_\_\_\_\_ separately numbered sheet(s) attached hereto**TITLE OF THE INVENTION (500 characters max)**

GALLIUM NITRIDE-BASED COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE

**CORRESPONDENCE ADDRESS**

Direct all correspondence to the address for SUGHRUE MION, PLLC filed under the Customer Number listed below:

WASHINGTON OFFICE

**23373**

CUSTOMER NUMBER

**ENCLOSED APPLICATION PARTS (check all that apply)**

- |  |                  |           |  |       |
|--|------------------|-----------|--|-------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Specification                | Number of Pages  | <u>10</u> | <input type="checkbox"/> CD(s), Number   | _____ |
| <input checked="" type="checkbox"/> Drawing(s)                   | Number of Sheets | <u>3</u>  | <input type="checkbox"/> Other (specify) | _____ |
| <input type="checkbox"/> Application Data Sheet. See 37 CFR 1.76 |                  |           |  |       |

**METHOD OF PAYMENT OF FILING FEES FOR THIS PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT**

- ☐ Applicant claims small entity status. See 37 CFR 1.27.
- ☐ A check or money order is enclosed to cover the Provisional filing fees. The USPTO is directed and authorized to charge all required fees, except for the Issue Fee and the Publication Fee, to Deposit Account No. 19-4880. Please also credit any overpayments to said Deposit Account.
- ☒ The USPTO is hereby authorized to charge the Provisional filing fees to our Deposit Account No. 19-4880. The USPTO is directed and authorized to charge all required fees, except for the Issue Fee and the Publication Fee, to Deposit Account No. 19-4880. Please also credit any overpayments to said Deposit Account.

FILING FEE  
AMOUNT (\$)

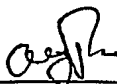
\$160.00

The invention was made by an agency of the United States Government or under a contract with an agency of the United States Government.

- ☒ No.
- ☐ Yes, the name of the U.S. Government agency and the Government contract number are:

Respectfully submitted,

SIGNATURE

DATE March 3, 2004TYPED or PRINTED NAME Abraham J. RosnerREGISTRATION NO. 33,276TELEPHONE NO. (202) 293-7060DOCKET NO. P80165**USE ONLY FOR FILING A PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT**

【書類名】 明細書  
 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子  
 【技術分野】

【0001】

本発明は窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関し、特に優れた特性および生産性を有する正極を具備したフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x < 1$ ,  $0 \leq y < 1$ ,  $x + y < 1$ ) で表わされる窒化ガリウム系化合物半導体が紫外光領域から青色あるいは緑色発光ダイオード (LED) の材料として注目されている。このような材料の化合物半導体を使うことによって、これまで困難であった発光強度の高い紫外光、青色、緑色等の発光が可能となった。このような窒化ガリウム系化合物半導体は、一般に絶縁性基板であるサファイア基板上に成長されるため、GaAs系の発光素子のように基板の裏面に電極を設けることができない。このため結晶成長した半導体層側に負極と正極の両方を形成することが必要である。

【0003】

特に、窒化ガリウム系化合物半導体を用いた半導体素子の場合は、サファイア基板が発光波長に対して透光性を有するため、電極面を下側にしてマウントし、サファイア基板側から光を取り出す構造のフリップチップ型が注目されている。

【0004】

図1はこのような型の発光素子の一般的な構造例を示す概略図である。すなわち、発光素子は、基板1にバッファ層2、n型半導体層3、発光層4およびp型半導体層5が結晶成長されて、発光層4およびp型半導体層5の一部がエッチング除去されてn型半導体層3が露出されており、p型半導体層5上に正極10、n型半導体層上に負極20が形成されている。このような発光素子は、例えばリードフレームに電極形成面を向けて装着され、次いでボンディングされる。そして、発光層4で発生した光は基板1側から取り出される。この型の発光素子においては、光を効率よく取り出すために、正極10には反射性の金属を用いてp型半導体層5の大部分を覆うように設け、発光層から正極側に向かった光も正極10で反射させて基板1側から取り出している。

【0005】

従って、正極材料には低接触抵抗、かつ高反射率であることが求められる。低接触抵抗を得るためには、p型半導体層と接するコンタクトメタル層にAu/Ni等の材料を用いてアロイングする（同時に透明化される）手法が広く知られ、低接触抵抗を得るのに優れるが、コンタクトメタル層の光透過率が低いために電極としての反射率は低い。

【0006】

一方、Pt等の仕事関数の高い金属を用いると低接触抵抗と高反射率が両立できるとされ、特開平2000-36619号公報および特開平2000-183400号公報等では、Pt等の金属をコンタクトメタル層として直接p型半導体層上に蒸着により形成している。しかし、この場合の接触抵抗はAu/Niのアロイングに比べて劣っている。

【0007】

また、特許第3365607号公報では、p型半導体層と接するコンタクトメタル層をPt族金属とGaとを含有する層とすることによって接触抵抗の低下を目指している。具体的には、p型半導体層上にPtとGaを同時蒸着（厚さ20nm）した後にPtを蒸着（厚さ100nm）したり、p型半導体層上に厚さ100nmのPtを直接蒸着した後にアニーリング（600～900℃）したりしている。Gaの同時蒸着やアニーリングを必要とするので、生産性が劣るという問題がある。

【0008】

【特許文献1】 特開平2000-36619号公報

【特許文献2】 特開平2000-183400号公報

【特許文献3】 特許第3365607号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0009】

本発明の目的は、p型窒化ガリウム系化合物半導体層との接触抵抗が小さく、且つ、生産性に優れた正極を有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

本発明は下記の発明を提供する。

(1) 基板上に窒化ガリウム系化合物半導体からなる、n型半導体層、発光層およびp型半導体層をこの順序で含み、負極および正極がそれぞれn型半導体層およびp型半導体層に接して設けられている発光素子において、該正極が少なくともp型半導体層と接するコンタクトメタル層を含み、該コンタクトメタル層がPt、Ir、Rh、Pd、Ru、ReおよびOsの群から選ばれる少なくとも一種の金属またはこれらの少なくとも一種を含む合金からなり、該p型半導体層の正極側表面にPt、Ir、Rh、Pd、Ru、ReおよびOsの群から選ばれる少なくとも一種の金属を含む正極金属混在層が存在することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

## 【0011】

(2) 正極金属混在層の厚さが0.1～10nmであることを特徴とする上記1項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

## 【0012】

(3) 正極金属混在層におけるPt、Ir、Rh、Pd、Ru、ReおよびOsの群から選ばれる少なくとも一種の金属の濃度が当該正極金属混在層中の全金属に対して0.01～30原子%であることを特徴とする上記1または2項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

## 【0013】

(4) 正極がコンタクトメタル層上にPt、Ir、Rh、Pd、Ru、Re、OsおよびAgの群から選ばれる一種の金属またはこれらの少なくとも一種を含む合金からなる反射層を有することを特徴とする上記1～3項のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

## 【0014】

(5) コンタクトメタル層の厚さが1～30nmであることを特徴とする上記4項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

## 【0015】

(6) 反射層の厚さが30～500nmであることを特徴とする上記4または5項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

## 【0016】

(7) コンタクトメタル層のp型半導体層側表面にIII族金属を含む半導体金属混在層が存在することを特徴とする上記1～6項のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

## 【0017】

(8) 半導体金属混在層の厚さが0.1～3nmであることを特徴とする上記7項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

## 【0018】

(9) 半導体金属混在層におけるIII族金属の濃度が当該半導体金属混在層中の全金属に対して0.1～50原子%であることを特徴とする上記7または8項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

## 【0019】

(10) コンタクトメタル層がPtからなることを特徴とする上記1～9項のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

## 【0020】

(1.1) Pt (222) の面間隔が  $1.130 \text{ \AA}$  以下であることを特徴とする上記 10 項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【0021】

(12) コンタクトメタル層を RF 放電スパッタリング法で形成することを特徴とする上記 1～11 項のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【0022】

(13) コンタクトメタル層を RF 放電スパッタリング法で形成し、反射層を DC 放電スパッタリング法で形成することを特徴とする上記 4～11 項のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【発明の効果】

【0023】

本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、p 型半導体層の正極側表面にコンタクトメタル層を構成する金属を含有する正極金属混在層を有することにより、正極と p 型半導体層との接触抵抗が小さい。

【0024】

さらに、正極コンタクトメタル層の半導体側表面に半導体を構成する III 族金属を含有する半導体金属混在層を有することにより、接触抵抗は一層低下する。

【0025】

また、正極のコンタクトメタル層を RF 放電によるスパッタリングで形成することにより、アニーリング処理なしに正極金属混在層および半導体金属混在層を形成することができ、生産性が向上する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

本発明における基板上に積層される窒化ガリウム系化合物半導体としては、図 1 に示したような、基板 1 にバッファ層 2、n 型半導体層 3、発光層 4 および p 型半導体層 5 が結晶成長されている従来公知のものが何ら制限無く用いることができる。基板にはサファイアおよび SiC 等従来公知のものが何ら制限なく用いられる。窒化ガリウム系化合物半導体として一般式  $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x < 1$ ,  $0 \leq y < 1$ ,  $x + y < 1$ ) で表わされる半導体が多数知られており、本発明においても一般式  $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x < 1$ ,  $0 \leq y < 1$ ,  $x + y < 1$ ) で表わされる窒化ガリウム系化合物半導体が何ら制限なく用いられる。

【0027】

その一例を説明すると、図 2 に示したような、サファイア基板 1 上に AlN 層からなるバッファ層 2 を積層し、その上に n 型 GaN 層からなるコンタクト層 3a、n 型 GaN 層からなる下部クラッド層 3b、InGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub> 層からなる発光層 4、p 型 AlGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub> 層からなる上部クラッド層 5b、および p 型 GaN 層からなるコンタクト層 5a を順次積層したものを用いることができる。

【0028】

このような窒化ガリウム系化合物半導体のコンタクト層 5a、上部クラッド層 5b、発光層 4、および下部クラッド層 3b の一部をエッチングにより除去してコンタクト層 3a 上に例えば Ti/Au からなる従来公知の負極 20 を設け、コンタクト層 5a 上に正極 10 を設ける。

【0029】

本発明において、正極 10 は少なくとも p 型半導体層と接するコンタクトメタル層を有する。コンタクトメタル層上には反射層を設ける。コンタクトメタル層の反射性が十分な場合には、コンタクトメタル層と反射層は兼ねてもよい。しかし、低接触抵抗を目的とするコンタクトメタル層と高反射性を目的とする反射層を別個に設けることが好ましい。反射層を別個に設ける場合、コンタクトメタル層は低接触抵抗と共に高光透過率も要求される。また、通常、回路基板またはリードフレーム等との電気接続のためにボンディングパッド層が最上層に設けられる。

## 【0030】

コンタクトメタル層の材料には低接触抵抗を達成するために、仕事関数の高い金属、具体的にはPt、Ir、Rh、Pd、Ru、ReおよびOsの群から選ばれる少なくとも一種の金属またはこれらの少なくとも一種を含む合金を用いることが好ましい。さらに好ましくはPt、Ir、RhおよびRuである。Ptが特に好ましい。

## 【0031】

コンタクトメタル層の厚さは、低接触抵抗を安定して得るためには1 nm以上とすることが好ましい。さらに好ましくは2 nm以上であり、3 nm以上が特に好ましい。また、光透過率を十分に得るために、30 nm以下とすることが好ましい。さらに好ましくは20 nm以下であり、10 nm以下が特に好ましい。

## 【0032】

p型半導体層の正極側表面に上記コンタクトメタル層を形成する金属を含む正極金属混在層を存在させる。このような構成にすることによって、正極とp型半導体層との接触抵抗が低下する。

## 【0033】

要するに、本発明において、「正極金属混在層」とはp型半導体層中のコンタクトメタル層形成金属含有層と定義される。

## 【0034】

正極金属混在層の厚さは0.1～10 nmが好ましい。0.1 nm未満および10 nmを超えると低接触抵抗が得られ難い。より良い接触抵抗を得るためには1～8 nmとすることがさらに好ましい。

## 【0035】

また、該層中に含まれるコンタクトメタル層形成金属の比率は、全金属に対して0.01～30原子%が好ましい。0.01原子%未満では低接触抵抗が得られ難く、30原子%を超えると半導体の結晶性を悪化させる懸念がある。好ましくは1～20原子%である。なお、該層は反射層形成金属を含んでもよい。その場合、上記比率はコンタクトメタル層形成金属と反射層形成金属を合算した値として評価する。

## 【0036】

正極金属混在層の厚さおよび含有する正極形成金属の比率は、当業者には周知の断面TEMのEDS分析によって測定できる。即ち、p型半導体層の上面（正極側面）から厚み方向に数点、例えば5点断面TEMのEDS分析を行ない、各点でのチャートから含まれる金属とその量を求められる。厚さを決定するのに測定した5点では不十分な場合は、追加してさらに数点測定すればよい。

## 【0037】

さらに、正極コンタクトメタル層の半導体側表面に半導体を構成する金属を含有する半導体金属混在層を存在させると、接触抵抗が一層低下するので好ましい。即ち、本発明において、「半導体金属混在層」とはコンタクトメタル層中の半導体構成金属含有層として定義される。

## 【0038】

半導体金属混在層の厚さは0.1～3 nmが好ましい。0.1 nm未満では接触抵抗低下の効果が顕著ではない。3 nmを超えると光透過率が減少するので好ましくない。さらに好ましくは1～3 nmである。

## 【0039】

また、該層中に含まれる半導体構成金属の比率は全金属量に対して0.1～50原子%が好ましい。0.1%未満では接触抵抗低下の効果が顕著ではない。50原子%を超えると光透過率を減少させる懸念がある。さらに好ましくは1～20原子%である。

## 【0040】

半導体金属混在層の厚さおよび半導体構成金属含有量の測定は、正極金属混在層と同様、断面TEMのEDS分析によって行なうことができる。

## 【0041】

反射層は反射率が高い金属、具体的にはPt、Ir、Rh、Pd、Ru、Re、Os、Agの群から選ばれる少なくとも一種の金属またはこれらの少なくとも一種を含む合金を用いて形成できる。厚さは30nm以上が好ましい。30nm未満万では高反射率を電極の全面でムラなく得ることが困難である。50nm以上がさらに好ましい。また、生産コストの面から500nm以下とすることが好ましい。

#### 【0042】

ボンディングパッド層は、Au、Al、NiおよびCu等の材料を用いた各種構造が周知であり、これら周知の材料および構造のものを何ら制限無く用いることができる。また、厚さは100～1000nmが好ましい。ボンディングパッドの特性上厚いほうがボンダビリティが高くなるため、300nm以上が好ましい。さらに、製造コストの観点から500nm以下が好ましい。

#### 【0043】

次に、コンタクトメタル層、正極金属混在層および半導体金属混在層の形成方法について述べる。

#### 【0044】

コンタクトメタル層をp型半導体層上に形成するにあたり、RF放電によるスパッタリング成膜法で形成することが好ましい。RF放電によるスパッタリング成膜法を用いることで、蒸着法やDC放電のスパッタリング成膜法を用いるより接触抵抗の低い電極を形成できることが見出された。

#### 【0045】

RF放電によるスパッタリング成膜では、イオンアシスト効果により、p型半導体層に付着したスパッタ原子にエネルギーを与え、p型半導体、例えばMgドープのp-GaNとの間で表面拡散を促す作用があると考えられる。さらに、上記成膜においては、p型半導体層の最表面原子にもエネルギーを与え、半導体材料、例えばGaがコンタクトメタル層に拡散することを促す作用もあると考えられる。断面TEMのEDS分析において、p-GaN上のRFスパッタリング成膜部であるコンタクトメタル層に半導体由来のGaとコンタクトメタル層材料であるPtの両方が検出される領域、即ち、半導体金属混在層が確認された（本発明の実施例におけるコンタクトメタル層の分析結果の一例である図3参照）。なお、この分析において、この領域にNの存在を確認することはできなかった。

#### 【0046】

一方、半導体側ではGa、N、Ptがすべて検出される領域、即ち、正極金属混在層が確認された（本発明の実施例におけるp型半導体層の分析結果の一例である図4参照）。

#### 【0047】

さらに、RF放電スパッタリングによる膜とDC放電スパッタリングによる膜の違いとしては、結晶性が異なることが挙げられる。TEM写真から、DC膜は柱状構造が見られ、緻密な膜であることが分かる。一方、RF膜は柱状構造が見られない。また、X線分析から、Ptの(222)面の格子間隔を求めると、表1に示すように、DC膜がより小さくなることが確かめられた。

#### 【0048】

【表1】

表1 Pt(222)の面間隔

コンタクトメタル層	成膜法	Pt(222)の面間隔
Pt	DC	1.138
Pt	RF	1.128

#### 【0049】

RF放電による成膜では、初期において、接触抵抗を下げる効果を持つが、膜厚を大き

くすると、その膜が疎であるために反射率の点ではDC放電による成膜に比べて劣る。そこで、接触抵抗を低く保った範囲で薄膜化して光透過率を上げたコンタクトメタル層をRF放電により形成し、その上に反射層をDC放電により形成することが好ましい。

【0050】

表2は、RF放電により形成したコンタクトメタル層の厚さと光透過率との関係を、従来技術のAu/Niのアロイング後の薄膜と比較して示した表である。薄膜化により高い透過率を得ることができる。

【0051】

【表2】

表2 金属薄膜の光透過率 (@450nm)

	膜厚	透過率
Au/Ni アニール後	15nm	~70%
Pt RF膜	2.5nm	~75%
同上	5.0nm	~50%

【0052】

上記の如く、コンタクトメタル層をRFスパッタリング法により形成することによって、本発明における半導体金属混在層および正極金属混在層を形成することができる。この場合、コンタクトメタル層形成後のアニールを必要としない。むしろ、アニールすることにより、Pt、Gaそれぞれの拡散を促進し、半導体の結晶性を下げってしまうため、電気特性を悪化させてしまうことがある。

【0053】

半導体金属混在層および正極金属混在層中での正極材料由来の金属と半導体材料由来のGa等の金属およびNは、化合物もしくは合金として存在しているとも考えられるし、また、単純に混在しているとも考えられる。いずれにしても、コンタクトメタル層とp型半導体層との界面をなくすことで、低抵抗を得ることができる。

【0054】

RFスパッタリングは、従来公知のスパッタリング装置を用いて従来公知の条件を適宜選択して実施することができる。窒化ガリウム系化合物半導体層を積層した基板をチャンバ内に収容し、基板温度を室温から500℃の範囲に設定する。基板加熱は特に必要としないが、コンタクトメタル層形成金属および半導体形成金属の拡散を促進するために適度に加熱しても良い。チャンバ内は真空度が $10^{-4}$ ~ $10^{-7}$ Paとなるまで排気する。スパッタリング用ガスとしては、He、Ne、Ar、Kr、Xe等が使用できる。入手の容易さからArとするのが望ましい。これらの内の一つのガスをチャンバ内に導入し、0.1~10Paにしたのち放電を行う。好ましくは0.2~5Paの範囲に設定する。供給する電力は0.2~2.0kWの範囲が好ましい。この際、放電時間と供給電力を調節することによって、形成する層の厚さを調節することができる。スパッタリングに使用する所要ターゲットの酸素含有量は10000ppm以下とすることが、形成された層中の酸素含有量が少なくなるので好ましい。6000ppm以下とすることがさらに好ましい。

【実施例】

【0055】

以下に、実施例および比較例により本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例のみに限定されるものではない。

【0056】

表3に本実施例および比較例で用いた正極材料、コンタクトメタル層の成膜条件および得られた素子特性を示した。なお、接触比抵抗はTLM法で測定した値であり、駆動電圧および出力は電流20mAで測定した値である。



【0057】

(実施例1)

図2は本実施例で製造した窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の概略図である。

用いた窒化ガリウム系化合物半導体は、サファイア基板1上にAlN層からなるバッファ層2を積層し、その上にn型GaN層からなるコンタクト層3a、n型GaN層からなる下部クラッド層3b、InGaN層からなる発光層4、p型AlGaN層からなる上部クラッド層5b、およびp型GaN層からなるコンタクト層5aを順次積層したものである。コンタクト層3aはSiを $7 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたn型GaN層であり、下部クラッド層3bはSiを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたn型GaN層であり、発光層4の構造は単一量子井戸構造で、InGaNの組成は $\text{In}_{0.95}\text{Ga}_{0.05}\text{N}$ である。上部クラッド層5bはMgを $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたp型のAlGaNでその組成は $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ である。コンタクト層5aはMgを $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープしたp型のGaN層である。これらの層の積層は、MOCVD法により、当該技術分野においてよく知られた通常の条件で行なった。

【0058】

この窒化ガリウム系化合物半導体に以下の手順で正極および負極を設けてフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を作製した。

【0059】

(1) まず、コンタクト層5a表面の酸化膜を除去する目的で沸騰した濃HCl中でこの窒化ガリウム系化合物半導体素子を10分間処理した。

【0060】

次いで、以下の手順によりコンタクト層5a上に正極を形成した。

レジストを全面に一様に塗布した後、公知のリソグラフィー技術により正極形成領域のレジストを除去した。バッファードフッ酸(BHF)に室温で1分間浸漬した後、下記のようにして真空スパッタ装置で正極を形成した。

【0061】

チャンバ内の真空度が $10^{-4} \text{Pa}$ 以下となるまで排気し、上記窒化ガリウム系化合物半導体をチャンバ内に収容し、スパッタ用ガスとしてArガスをチャンバ内に導入し、3PaとしたのちRF放電によるスパッタリングを行なった。供給する電力は0.5kWとし、コンタクトメタル層として、Ptを4.0nmの膜厚で成膜した。次に、上記の圧力、供給電力で、DC放電によるスパッタリングでPt反射層を200nmの膜厚で成膜した。さらに、上記の圧力、供給電力で、DC放電によるスパッタリングでAuパッド層を300nmの膜厚で成膜した。スパッタ装置内より取り出した後、リフトオフ技術を用いて正極領域以外の金属膜をレジストとともに除去した。

【0062】

(2) エッチングマスクを正極上に形成した。形成手順は以下の通りである。レジストを全面に一様に塗布した後、公知リソグラフィー技術を用いて、正極領域より一回り大きい窓を開ける。真空蒸着装置内にセットして、圧力 $4 \times 10^{-4} \text{Pa}$ 以下でNiおよびTiをエレクトロンビーム法により膜厚をおよそ50nm、300nmとなるよう積層した。その後リフトオフ技術により、エッチングマスク以外の金属膜をレジストとともに除去した。このエッチングマスクは、負極を形成する際の反応性イオンドライエッチングのプラズマダメージから正極を保護するための層である。

【0063】

(3) コンタクト層3aを露出させた。手順は以下の通りである。反応性イオンドライエッチングにて、コンタクト層3aが露出するまでエッチングを施した後、ドライエッチング装置より取り出し、上記(2)で形成したエッチングマスクを硝酸およびフッ酸により除去した。このドライエッチングは後段作成するn電極を形成するための処理である。

【0064】

(4) 負極をコンタクト層3a上に形成した。形成手順は以下の通りである。レジストを全面に一様に塗布した後、コンタクト層3aまで露出した領域上に公知リソグラフィー技

術を用いて負極領域の窓を開け、上述した蒸着法によりTi、Auをそれぞれ100nm、300nmの厚さで形成した。負極部以外の金属膜をレジストとともに除去した。

【0065】

(5) 保護膜を形成した。形成手順は以下の通りである。レジストを全面に一様に塗布した後、正極と負極の間の一部に公知リソグラフィ技術を用いて窓を開け、上述したスパッタ法によりSiO<sub>2</sub>を200nmの厚さで形成した。保護膜部以外のSiO<sub>2</sub>膜をレジストとともに除去した。

(6) ウェーハを分割し、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子とした。

【0066】

得られた窒化ガリウム系化合物半導体発光素子をTO-18にマウントし、素子特性を測定した。その結果を表3に示した。

【0067】

なお、断面TEMのEDS分析の結果、半導体金属混在層の厚さは2.5nmであり、Gaの比率は全金属(Pt+Rh+Ga)に対して該層中で1~20原子%と見積もられた。また、正極金属混在層の厚さは6.0nmであり、存在する正極材料はコンタクトメタル層を構成するPtで、その比率は全金属(Pt+Ga)に対して該層中で1~10原子%と見積もられた。なお、図3はコンタクトメタル層の断面TEMのEDS分析チャートの一例であり、図4はコンタクト層5aの断面TEMのEDS分析チャートの一例である。

【0068】

(実施例2~14)

正極の材料および成膜条件を各種変えて、実施例1と同様に窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を作製し、その素子特性を評価した。その結果を表3に併せて示した。なお、これらの発光素子の正極金属混在層は厚さが1~8nm、正極金属の比率が0.5~18%の範囲に入っていた。また、半導体金属混在層は厚さが0.5~3nm、Gaの比率が1~20%の範囲に入っていた。

【0069】

(比較例)

コンタクトメタル層の成膜をDC放電スパッタリング法で行なった以外は、実施例2と同じ条件で窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を作製した。正極金属混在層および半導体金属混在層はなかった。また、その素子特性を表3に併せて示した。

【0070】

【表 3】

表 3 実施例・比較例の条件と素子特性

	コンタクトメタル層					反射層	ボンディングパッド層	接触比抵抗 Ω cm <sup>2</sup>	素子特性	
	材料	成膜法	成膜条件						駆動電圧/V	出力/mW
			電力/W	圧力/Pa	厚さ/Å					
比較例	Pt	DC	100	0.8	40	Pt	Au	2 x 10 <sup>-1</sup>	5	6.5
実施例1	Pt	RF	500	3	40	Pt	Au	4 x 10 <sup>-2</sup>	4.3	5.8
実施例2	Pt	RF	100	0.8	40	Pt	Au	3 x 10 <sup>-2</sup>	4.2	5.9
実施例3	Pt	RF	100	3	40	Pt	Au	5 x 10 <sup>-5</sup>	3.4	6
実施例4	Pt	RF	100	3	15	Pt	Au	5 x 10 <sup>-3</sup>	4	6.3
実施例5	Pt	RF	100	3	40	Rh	Au	5 x 10 <sup>-5</sup>	3.3	6.2
実施例6	Pt	RF	100	3	40	Ir	Au	5 x 10 <sup>-5</sup>	3.3	6.3
実施例7	Pt	RF	100	3	40	Re	Au	5 x 10 <sup>-5</sup>	3.3	6.1
実施例8	Pt	RF	100	3	40	Ru	Au	5 x 10 <sup>-5</sup>	3.3	6.1
実施例9	Pt	RF	100	3	40	Ag	Au	5 x 10 <sup>-5</sup>	3.3	6.6
実施例10	Rh	RF	100	3	40	Pt	Au	6 x 10 <sup>-5</sup>	3.4	6
実施例11	Ir	RF	100	3	40	Pt	Au	5 x 10 <sup>-5</sup>	3.4	6.1
実施例12	Ru	RF	100	3	40	Pt	Au	7 x 10 <sup>-5</sup>	3.6	5.9
実施例13	Re	RF	100	3	40	Pt	Au	8 x 10 <sup>-5</sup>	3.5	5.8
実施例14	Pd	RF	100	3	40	Pt	Au	9 x 10 <sup>-5</sup>	3.6	5.9

【産業上の利用可能性】

【0071】

本発明によって提供される窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、優れた特性と生産性を有し、発光ダイオードおよびランプ等の材料として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】従来のフリップチップ型化合物半導体発光素子の一般的な構造を示す概略図

である。

【図2】本発明のフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の一例を示す概略図である。

【図3】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のコンタクトメタル層の断面TEMのEDS分析チャートの一例である。

【図4】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のp型半導体層の断面TEMのEDS分析チャートの一例である。

【符号の説明】

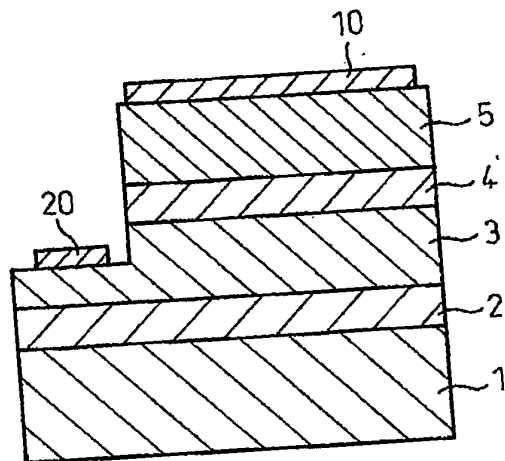
【0073】

- 1…基板
- 2…バッファ層
- 3…n型半導体層
- 4…発光層
- 5…p型半導体層
- 10…正極
- 20…負極

【書類名】  
【図 1】

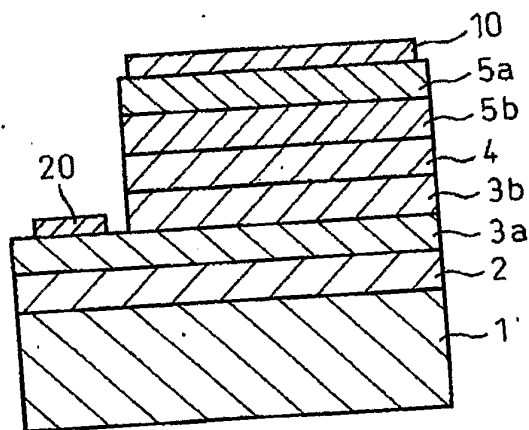
図面

図 1



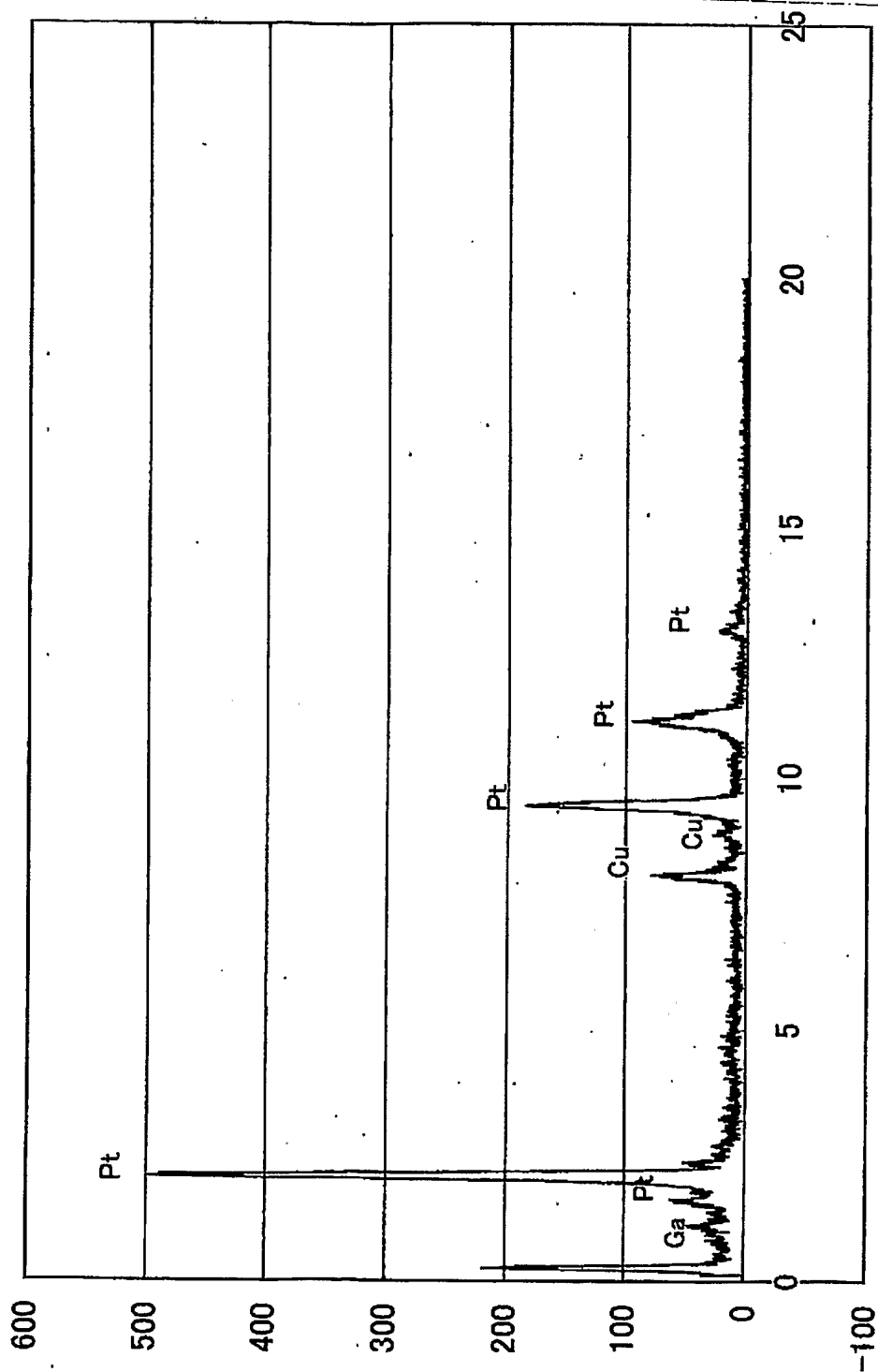
【図 2】

図 2



【 3 】

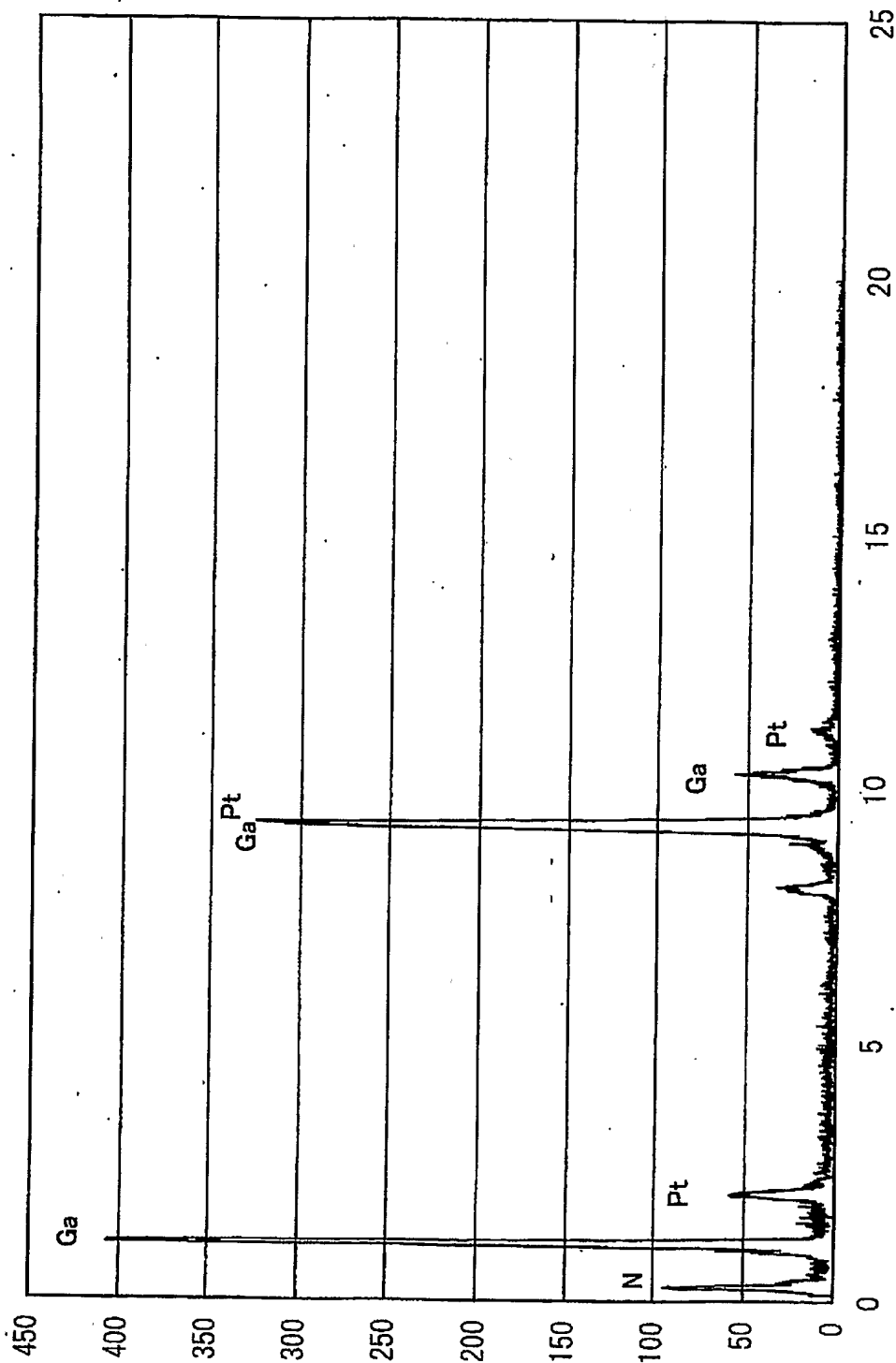
3



Koji KAMEI  
GALLIUM NITRIDE-BASED COMPOUND.....  
March 2, 2004  
Abraham J. Rosner  
(202) 293-7060  
Q80165  
2 of 3

【図 4】

図 4



Koji KAMEI  
GALLIUM NITRIDE-BASED COMPOUND.....  
March 3, 2004  
Abraham J. Rosner  
(202) 293-7060  
Q80165  
3 of 3